
18

LES
TRAVAUX DE M. PASTEUR

Notre siècle aura demandé aux sciences la satisfaction de deux goûts bien différens. Il a d'abord le goût de la vie confortable et facile et fait grand cas des progrès industriels qui ajoutent au bien-être de l'existence. Il a ensuite le goût de la philosophie appelée positive, et pense tirer de l'étude des sciences des clartés nouvelles sur l'origine et la nature de tout ce qui nous entoure. Cette manière de raisonner est, à vrai dire, devenue à la mode dans la plupart des écoles : on trouve de la physique, de la chimie, de l'histoire naturelle dans les ouvrages des philosophes de toute opinion, même dans les sermons de quelques prédicateurs.

De là résulte que, pour beaucoup d'esprits, la science est le moyen de poursuivre un rêve, plutôt qu'elle n'est le but de la vie. Tel savant est à la recherche d'un brevet d'invention, tel autre à la poursuite d'une théorie de l'univers. Bien peu cultivent la science pour elle-même, pour le plaisir de pénétrer quelque secret de la nature, pour la satisfaction et l'honneur qu'il y a à comprendre et à savoir ! Dans le monde utilitaire, la lampe d'Edison a plus d'admirateurs que la planète de Le Verrier. Beaucoup de gens ignoraient le nom de M. Pasteur avant qu'il eût promis de supprimer les chiens enragés. Du côté des philosophes, on ne retient, de tous les merveilleux livres de Darwin, qu'une hypothèse sur la descendance de l'homme.

Cependant, entre l'intérêt utilitaire et l'intérêt philosophique, il y a un intérêt scientifique proprement dit. La recherche curieuse et désintéressée n'est point stérile, même si l'on ne fait cas que des

avantages pratiques. L'art des ingénieurs a profité des travaux abstraits des mathématiciens. Combien d'œuvres de laboratoire, entreprises pour le seul plaisir d'apprendre, sont venues offrir de nouvelles ressources à l'industrie! L'Amérique, si fière de son esprit pratique et de son activité commerciale, serait fort en peine si les savans de la vieille Europe, autrefois et aujourd'hui encore, n'avaient pas travaillé pour elle. Ces savans considéraient la science comme une noble jouissance intellectuelle et ne poursuivaient que le progrès de leurs connaissances : chemin faisant, ils ont enrichi leurs contemporains.

Il est assez rare que le véritable inventeur, — celui qu'on peut appeler l'inventeur du *principe*, — soit le même que l'inventeur de l'*application*. Dans un siècle où est né un Ampère, il y a une multitude d'esprits habiles qui imaginent des appareils, modifient des dispositions de détail, émerveillent le public par des expériences brillantes et finissent par appliquer la découverte scientifique à des usages industriels.

Ainsi le laboratoire où la science pure est cultivée est, d'une part, assiégé par les industriels; il nous semble voir les philosophes frapper à l'autre porte. Les premiers tireront de la dernière observation du savant un moteur nouveau, une lampe, un compteur à gaz, un procédé pour fabriquer la soude. Les seconds attendent le résultat de l'expérience qui s'achève pour publier un nouveau système de l'univers.

Heureusement pour le culte de la vérité, la science a toujours attiré et satisfait certains esprits indépendans qui détestent les systèmes, les bouleversent souvent sans s'en douter et aiment pour elle-même l'étude de la nature. Aucune idée préconçue ne les domine; ce ne sont ni des Bernardin de Saint-Pierre ni des Büchner : ils ne veulent ni montrer partout des causes finales, ni étendre à toute chose les lois de *Force et Matière*. Dans leurs recherches fécondes, jamais les besoins de la cause n'ont faussé les résultats de l'expérience. Ils pénètrent dans les secrets de ce monde sans autre ambition que de voir et de connaître ; et, suivant l'exemple même du Créateur, ils livrent, non sans quelque dédain, les résultats de leur labeur aux disputes des philosophes.

M. Pasteur, arrivé aujourd'hui à la plus haute renommée qu'un savant ait pu atteindre en son siècle, s'est dévoué d'abord et avant tout à la science pure. Mais il n'a pas dédaigné les applications, et il a eu la rare bonne fortune de pouvoir lui-même mettre en pratique ses découvertes, dans l'industrie d'abord, puis dans la médecine. D'autre part, élu membre de l'Académie française à la place de Littré, il a montré aux philosophes que son puissant esprit savait les comprendre : dans un langage à la fois noble et précis, il leur a

exposé les convictions auxquelles sa vie scientifique l'avait conduit et les conséquences qu'il avait tirées de ses belles études. Ses découvertes occupent, dans les théories relatives à l'évolution de la vie, une place considérable. Il serait d'un haut intérêt d'étudier à ce point de vue les travaux de M. Pasteur; mais, aujourd'hui, c'est du côté de leur utilité pratique que nous voulons les examiner.

I.

M. Pasteur a été en rapport, suivant la nature des travaux dont il était occupé, avec les viticulteurs, auxquels il a fourni la méthode du chauffage des vins; avec les fabricans de vinaigre, auxquels il a appris à reconnaître le *mycoderme* qui produit la fermentation acétique, et à le cultiver avec pureté, en évitant l'invasion d'autres fâcheux mycodermes, qui prennent la place du premier et détruisent son œuvre; avec les brasseurs, qui, s'ils avaient mieux profité de ses leçons, auraient été certains de ne jamais fabriquer de bière aigre ou visqueuse; avec les éleveurs de vers à soie, qui lui doivent, dans certains pays, le salut de leurs magnaneries; enfin, avec les médecins, que la précision de ses méthodes a étonnés, et qui n'ont pas accepté sans protestations des résultats incontestables. Dernièrement encore, on disait à l'Académie de médecine : « Le système de M. Pasteur, — malgré son apparente simplicité, — nous conduit à un véritable chaos médical. » Ces mots étaient vertement relevés par M. Bouley, l'éminent physiologiste qui a pris au Jardin des Plantes la succession de Claude Bernard. Il déplaisait aux médecins de voir expliquer les causes des maladies, comme celles des fermentations, par la théorie des germes : ces germes, cultivés à part, puis inoculés, et donnant la maladie et la mort avec certitude, ces vaccins prévenant la maladie avec la même certitude, ces agens meurtriers ou prophylactiques, absolument réguliers dans leurs effets, trouvaient des incrédules. La vérité, — personne n'en saurait plus douter, — est que si les médecins refusaient d'entrer dans la voie féconde que M. Pasteur leur a ouverte, ils auraient perdu une occasion unique de sortir de leur chaos médical.

On a pu deviner, d'après la nomenclature que nous venons de donner des travaux de M. Pasteur, qu'il existe entre eux une gradation régulière. Il observe d'abord l'action des germes ou des êtres microscopiques sur une substance organique, telle que le vin ou le moût de bière, et nous verrons comment il reconnaît la fonction, utile ou malfaisante, de chaque espèce déterminée. Puis il passe à l'étude des parasites microscopiques agissant sur un être vivant, tel que le ver à soie, et il arrive enfin aux maladies des animaux

supérieurs. Dans les fermentations, l'être microscopique agissait sur la matière morte; dans les maladies, il agit sur un vivant, et il y a une sorte de lutte entre les deux existences. Après les découvertes de M. Pasteur sur la maladie charbonneuse, ses travaux sur la rage vont servir de couronnement à son œuvre. Détruire ce mal mystérieux aura été un bienfait inestimable; découvrir le parasite presque invisible caché dans les replis de la matière cérébrale, atténuer sa virulence, et, l'employant comme un vaccin, rendre l'animal réfractaire au virus rabique le plus violent, sera le chef-d'œuvre d'un observateur de génie.

Les travaux de M. Pasteur, on le voit, avant d'arriver à cette superbe conclusion, se suivent et se complètent comme les chapitres d'un beau livre. On dirait que, dès l'origine, il a eu l'intuition du but qu'il devait atteindre. Cependant, jamais savant ne s'est moins fié à ses intuitions et n'a été un expérimentateur plus rigoureux.

Si l'on veut bien comprendre l'œuvre de M. Pasteur, il faut lire ses deux écrits sur le vin et sur la bière; puis le livre de son éminent élève M. Duclaux, intitulé: *Fermens et Maladies*. Nul enseignement ne donnera mieux l'idée du rôle immense joué dans la nature par les êtres microscopiques: êtres que leur petitesse dissimule à nos yeux, mais que leur effrayante fécondité répand autour de nous en quantités innombrables. On devra lire aussi cette *Histoire d'un savant par un ignorant* qui aurait été mieux nommée: *Histoire d'un homme de science par un homme d'esprit*. Ce récit est à la fois plein de charme, de clarté, et d'une érudition puisée à bonne source. L'écrivain a suivi l'ordre chronologique; il aurait suivi le même ordre exactement s'il avait voulu composer un nouveau traité de biologie d'après les travaux du grand savant français, car toutes ses découvertes sont les parties, régulièrement disposées, d'un même ouvrage. Nous allons essayer de les résumer; mais, avant les travaux que nous avons cités, il en est deux que nous devons rappeler: ils servent en quelque sorte d'avant-propos et de préface à tous les autres.

II.

Le premier des travaux qui aient fait connaître le nom de M. Pasteur fut une étude sur les cristaux de l'acide tartrique et de l'acide paratartrique. Le sujet paraît bien éloigné de ceux qui ont occupé depuis le grand physiologiste. On va voir pourtant comment sa première découverte avait déjà trait aux phénomènes de la vie.

Mitscherlich avait dit que le tartrate et le paratartrate de soude, semblables par la composition chimique, par la forme cristalline,

par le poids spécifique, par la propriété de double réfraction dont ils sont doués l'un et l'autre, ne diffèrent qu'en un point : le premier de ces deux sels, en dissolution, fait tourner le plan de la lumière polarisée ; le second est sans action sur le rayon lumineux.

Ce résultat causa beaucoup d'étonnement à M. Pasteur, qui, sortant alors de l'École normale, et attaché comme agrégé préparateur au laboratoire de M. Balard, s'était consacré avec ardeur à l'étude des travaux de Haüy et de M. Delafosse. D'après l'arrangement moléculaire des corps tel qu'il l'avait conçu, il ne comprenait pas que deux substances identiques pussent avoir sur la lumière des effets si différens.

C'est un étrange phénomène que l'action d'un corps dissous sur un rayon de lumière. Nous comprenons, surtout quand M. Tyndall nous l'explique dans son charmant livre intitulé : *on Light*, la modification produite dans le rayon qui traverse un cristal dans une direction perpendiculaire à son axe. Quand le rayon pénètre dans le cristal de tourmaline, il est séparé en deux parties : les vibrations de l'éther, qui avaient lieu dans tous les sens, deviennent les unes parallèles, les autres perpendiculaires à l'axe du cristal. « Le groupement des molécules et de l'éther associé aux molécules a réduit toutes les vibrations à ces deux directions. L'un des deux rayons, celui dont les vibrations sont parallèles à l'axe, est rapidement éteint par la tourmaline... Après avoir traversé une faible épaisseur de ce cristal, l'autre rayon émerge, avec toutes ses vibrations ramenées en un même plan. » C'est le plan de polarisation.

On conçoit comment, la lumière polarisée traversant un autre cristal, l'arrangement des molécules qui, la première fois, avait ramené toutes les vibrations dans le même plan, puisse encore agir sur elles et faire tourner ce plan d'un certain angle. Mais ce qui confond l'esprit, c'est que des cristaux puissent agir sur la lumière quand ils sont dissous. Il n'y a plus alors de forme, il n'y a plus, au point de vue physique, d'arrangement moléculaire, il n'y a plus de cristal ; et cependant, quand la lumière polarisée traverse une solution d'un corps doué du *pouvoir rotatoire*, le plan de polarisation tournera d'un certain angle vers la droite ou vers la gauche. Peu importe même (l'expérience a été faite) que le liquide soit agité.

Il y a ainsi une relation certaine entre la forme des cristaux d'un corps et le pouvoir rotatoire qu'il possède quand il est dissous. Examinez les cristaux entiers et bien formés ; puis, faites-les fondre dans l'eau, détruisez-les ; et vous devrez savoir de quel côté le plan de polarisation sera interverti par le passage à travers l'eau qui les tient en suspension. Telle fut la découverte de M. Pasteur.

Les cristaux de forme polyédrique régulière peuvent être séparés en deux parties par un plan, de telle façon que les deux parties soient identiques l'une à l'autre, *superposables* l'une à l'autre; placez ces deux parties en face d'une glace : l'image et la réalité seront absolument semblables. Le plan qui a séparé les deux parties est appelé plan de symétrie. La plupart des objets n'ont pas de plan symétrique. Les êtres vivans n'en ont point à proprement parler; car les parties laissées à droite et à gauche par un plan qui séparerait le corps en deux ne sont pas *superposables* l'une à l'autre; le gant de la main droite ne saurait en aucune façon être ajusté à la main gauche : si je lève la main droite devant une glace, c'est une main gauche que j'y verrai.

M. Pasteur s'aperçut, après un examen minutieux, que les cristaux de l'acide tartrique et de ses sels possèdent aussi une droite et une gauche. Ils sont *dissymétriques.* Certaines facettes sont disposées de telle façon que, si l'on suppose le cristal coupé par un plan, les deux parties ne pourront pas être superposées, et que, s'il est placé devant une glace, on verra la partie gauche dans l'image de la droite et *vice versa.*

C'est cet acide tartrique qui, réduit en solution, faisait tourner le plan de la lumière polarisée. M. Pasteur pensa que l'acide paratartrique, étant sans action sur la lumière, devait donner des cristaux symétriques. Il s'empressa d'examiner ces cristaux; et grande fut sa surprise de les trouver dissymétriques comme les premiers. Seulement leur dissymétrie avait deux sens : il y avait des cristaux droits et des cristaux gauches, pas plus identiques entre eux que les gants de la main droite et ceux de la main gauche. Il sépara patiemment les uns des autres et les trouva en poids égaux. La solution des premiers faisait tourner le plan de la lumière polarisée vers la droite; la solution des seconds vers la gauche. Avec le mélange, en quantités égales, les deux actions, en sens opposés, étaient annulées.

M. Biot était occupé alors de ses expériences restées célèbres sur la lumière polarisée. Dès qu'il apprit la découverte du jeune agrégé de l'École normale, il le fit venir et lui confia des cristaux de paratartrate de soude et d'ammoniaque, qu'il avait voulu préparer lui-même avec des précautions infinies; le priant de les séparer, comme il l'avait fait déjà, d'après l'examen de leurs formes. Mais il faut laisser M. Pasteur lui-même raconter ce qui suivit : le récit est tiré d'une de ses leçons : « M. Biot prépara les solutions en proportions bien dosées, et au moment de les observer dans l'appareil de polarisation, il m'invita de nouveau à me rendre dans son cabinet. Il plaça d'abord dans l'appareil la solution la plus intéressante, celle qui devait dévier à gauche. Sans même prendre de mesure, par

l'aspect seul des teintes des deux images ordinaire et extraordinaire de l'analyseur, il vit qu'il y avait une forte déviation à gauche. Alors, très visiblement ému, l'illustre vieillard me prit la main, et me dit : « Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences dans ma vie que cela me fait battre le cœur. »

Mitscherlich, auquel M. Pasteur fut présenté peu de temps après, lui dit : « Vous avez été guidé par une idée préconçue. » L'auteur de l'*Histoire d'un savant par un ignorant* donne, comme il suit, la formule de cette idée préconçue : une dissymétrie dans l'arrangement moléculaire interne d'une substance chimique doit se manifester dans toutes ses propriétés externes, capables elles-mêmes de dissymétrie. Nous avons entendu souvent M. Pasteur préciser, par des comparaisons, la conception qu'il s'était faite des corps dissymétriques. Supposez, disait-il, un escalier tournant, la vis peut tourner à droite ou à gauche. Les marches de l'escalier, s'il est rompu, se reconnaissent à la forme qu'on leur a données et ne peuvent servir ni à un escalier droit ni à un escalier tournant en sens inverse.

M. Pasteur réunit deux qualités bien rarement associées : la précision minutieuse de l'observateur, et une imagination digne d'un poète. Vous l'avez vu examinant à la loupe, et séparant un à un les cristaux de l'acide paratartique. Il part de cette expérience pour concevoir le plus vaste et le plus profond système de philosophie chimique. Cette dissymétrie, cette étrange propriété qui se manifeste sous des formes et dans des circonstances si diverses, est un caractère appartenant exclusivement aux substances formées par la vie. Les substances minérales ne la possèdent jamais. Elles peuvent, comme le cristal de roche, être dissymétriques dans la forme extérieure ; et même, à l'état cristallin, exercer une action sur le rayon de lumière polarisée qui les traverse. Mais c'est là une dissymétrie externe, résultant de la construction de l'objet ; ce n'est pas la dissymétrie interne, moléculaire, qui se manifeste encore lorsque les cristaux ont été désagrégés et détruits par la fusion dans un liquide. On a fabriqué des corps organiques artificiels ; mais on n'a jamais fabriqué encore un corps droit ou un corps gauche ; si on a cru le faire, c'est qu'on avait fait entrer dans la combinaison un corps organique, naturel, doué du pouvoir rotatoire, qui a communiqué son pouvoir au corps composé : des substances dissymétriques naturelles, telles que les gommes, les sucres, les fécules, peuvent entrer dans des combinaisons artificielles qui resteront dissymétriques. Mais cette qualité est le propre de la substance formée par la vie, et elle établit une séparation fondamentale entre la nature morte et les règnes vivans.

Est-ce à dire que toutes les substances contenues en l'être vivant soient douées du pouvoir rotatoire? Non, il est aisé d'en citer plu-

sieurs, telles que l'urée, l'acide urique, l'acide fumarique, la créatine, qui n'ont aucun effet sur la lumière polarisée. — Mais ce ne sont pas là des substances élaborées par la synthèse vitale : ce sont des débris, des déchets excrétés après la combustion vitale. — Les matières primordiales : la cellulose, l'albumine, la fibrine, les fécules, font toujours dévier le rayon polarisé.

M. Pasteur ne se contentait pas d'avoir pénétré ces grandes lois et posé cette ligne de démarcation; il voulait connaître les causes, et l'hypothèse à laquelle il s'arrêta peut compter parmi les plus vastes et les plus brillantes conceptions de la philosophie naturelle. « Souvent, dit son biographe, il a exprimé cette conviction que les forces moléculaires qui sont ou qui ont été mises en jeu dans la nature minérale, et qui le sont encore tous les jours dans les laboratoires, sont des forces d'une nature symétrique, tandis que les forces qui sont présentes et agissantes au moment des combinaisons de la vie végétale, quand la graine germe, quand l'œuf se développe, et primitivement, quand, sous l'influence du soleil, la matière verte des feuilles décompose l'acide carbonique de l'air, et utilise de cent façons diverses le carbone de cet acide, l'hydrogène de l'eau et l'oxygène de ces deux produits, sont d'ordre dissymétrique, et probablement sous la dépendance de quelques-uns des grands phénomènes cosmiques dissymétriques de notre univers. »

M. Pasteur lui-même disait un jour à l'Académie des Sciences :

« L'univers est un ensemble dissymétrique. Je suis porté à croire que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, doit être fonction de la dissymétrie de l'univers ou des conséquences qu'elle entraîne. L'univers est dissymétrique; car on placerait devant une glace l'ensemble des corps qui composent le système solaire, se mouvant de leurs mouvemens propres, que l'on aurait dans la glace une image non superposable à la réalité. Le mouvement même de la lumière solaire est dissymétrique. Jamais un rayon lumineux ne frappe en ligne droite, et, au repos, la feuille où la vie végétale crée la matière organique. Le magnétisme terrestre, l'opposition qui existe entre les pôles boréal ou austral dans un aimant, celle que nous offrent les deux électricités positive et négative, ne sont que des résultats d'actions et de mouvemens dissymétriques. »

Nous sommes loin du paratartrate de soude et d'ammoniaque. Ces grandes vues inspirées par une expérience, et, si l'on peut ainsi dire, cette envolée vers l'infini feront connaître le caractère propre du génie de M. Pasteur. Ne le croyez jamais confiné dans son laboratoire et absorbé par l'expérience qu'il a sous les yeux : son esprit est véritablement en présence de la nature et se représente, dans toute leur étendue, les phénomènes cosmiques ou vitaux. De là vient la profondeur philosophique de ses conceptions. De là aussi,

la facilité avec laquelle ses méthodes passent dans la pratique. Quand il s'occupe des fermentations, il ne voit pas seulement bouillonner le liquide fermentescible, dans les conditions exceptionnelles et artificielles du laboratoire; il pense à la maturation des grappes, à la formation des levures qui vont décomposer la matière organique; aux phénomènes qui auraient lieu si la nature était laissée à elle-même, à ceux qui vont s'accomplir dans la cuve de vendange. Quand il inocule à un animal un virus, il songe aux causes premières et aux moyens de transmission des épidémies, soit parmi les troupeaux décimés par le charbon, soit à travers les armées tout à coup envahies par le typhus. Son temps s'écoule entre les quatre murs de son cabinet de travail de la rue d'Ulm; mais son esprit en a forcé les portes, et ce savant, qui a plus que tout autre avancé dans la science de la vie, passe, en pensée, son existence au milieu de la nature vivante et des êtres qui végètent, respirent et s'agitent sous les rayons du soleil.

M. Pasteur a souvent exprimé le regret de n'avoir pas continué ses premières recherches. Quels résultats auraient-elles donnés? On ne peut le prévoir. S'il était possible, étant donnés des corps droits ou gauches, de renverser leur dissymétrie et de provoquer dans un corps vivant la formation de fécules et d'albumines de sens contraire au sens naturel, quelles seraient les nouvelles conditions de la vie? « J'avais résolu, dit un jour M. Pasteur à son biographe (1), de renverser au profit de la végétation de certaines plantes, à l'aide d'un héliostat et d'un miroir réflecteur, le mouvement des rayons solaires qui viendraient à les frapper dès la naissance de leurs premières feuilles. » Quelles belles conceptions! Pour reprendre ces travaux, il faudrait posséder à fond la chimie organique, être un habile physicien, et un physiologiste consommé. M. Pasteur les avait poussés assez loin pour reconnaître à la matière organique des propriétés que les minéraux et les produits artificiels ne présentent jamais. Il avait établi une barrière entre le monde organique et le monde minéral. Il en établit une seconde entre la matière organique et la matière organisée ou vivante, et prouva que jamais la vie n'apparaissait sans un germe. C'est ce qui résulta de son travail sur les générations spontanées, celui qui forme à nos yeux la préface de l'œuvre de M. Pasteur, faisant suite à l'avant-propos dont nous avons essayé de donner une idée.

II.

L'aimable et intelligent *ignorant* qui a écrit la vie de M. Pasteur cite quelques opinions anciennes, émises par d'illustres auteurs au

(1) *Histoire d'un savant par un ignorant,* p. 38.

sujet des générations spontanées. Aristote disait : « Tout corps sec qui devient humide, et tout corps humide qui se dessèche engendre des animaux. » Virgile pensait que les abeilles naissent des entrailles corrompues d'un taureau. Encore au temps de Louis XIV, van Helmont écrivait : « Les odeurs qui s'élèvent du fond des marais produisent des grenouilles, des limaces, des sangsues. » Et il soutenait qu'en bourrant d'une vieille chemise l'orifice d'un pot contenant un peu de grain, on obtenait une potée de souris, le grain s'étant transformé en souris.

De nos jours, le système des générations spontanées n'est plus défendu que pour des animaux ou des plantes microscopiques. Il est vrai que les souris et les grenouilles ne naissent pas sans parens; mais les torulas et les vibrions? Mais tous ces infiniment petits qui pullulent dans les eaux stagnantes, dans les substances qui fermentent ou qui se putréfient? D'où viennent tous ces êtres? M. Bastian pense que certaines matières, dans des conditions favorables, ont le pouvoir de s'organiser, de même que d'autres ont le pouvoir de cristalliser. En France, M. Pouchet a été le plus habile, le plus sincère, et, nous le croyons, le dernier des défenseurs de l'*hétérogénie:* c'est le nom qu'il avait donné à sa doctrine.

Contre M. Bastian et contre M. Pouchet M. Pasteur soutint que la matière morte ne saurait se peupler d'êtres vivans sans qu'un germe y ait été déposé. Ce germe, d'où peut-il provenir? Il serait bien difficile de répondre à cette question, si l'on parlait du premier germe vivant apparu à la surface du monde. C'est là un grand embarras pour les philosophes qui pensent que la terre, telle que nous la voyons, couverte de végétaux et peuplée d'animaux, est sortie de la nébuleuse primitive par une lente évolution et par le jeu régulier et ininterrompu des forces de la nature. D'après Darwin, toutes les variétés des vivans descendent de deux ou trois types, peut-être d'un seul type sorti des mains du Créateur. Cette hypothèse ne satisfait pas M. Bastian : « Autant vaudrait, dit-il, adopter le mythe d'Adam et Ève. » M. Herbert Spencer, n'ignorant pas que la théorie des générations spontanées n'a plus aucune valeur scientifique, essaie de se débarrasser de cette théorie, et prétend même qu'elle est contraire à son système de l'évolution, parce qu'aucun phénomène n'apparaît subitement et sans avoir été lentement préparé par une série d'autres phénomènes. Mais il est réduit à supposer qu'entre les plus humbles êtres et la matière morte il y a autant d'intermédiaires qu'entre eux et nous : hypothèse tout au plus utile à reculer la solution du problème, et d'ailleurs contraire à ce que nous savons de la vie. Car si l'organisation varie, la vie est une, elle est la même partout; les cellules isolées des torulas et des bactéries se nourrissent et se reproduisent comme celles

d'un être supérieur. Il y a des corps vivans et des morts ; il n'y a point de gradation ni de situation intermédiaire entre les deux. Et le problème reste entier : quand la terre refroidie eut pris la température favorable à la vie, quand le sol, enveloppé par l'atmosphère, échauffé par le soleil, humecté par la pluie, fut prêt à recevoir le germe de la première plante, d'où tomba ce germe ? Sir William Thomson prétend qu'il fut apporté par un débris d'une vieille planète peuplée et féconde, un bolide tombé du ciel au contact duquel la terre déserte aurait reçu la vie par contagion, comme une maladie dont notre épiderme peut être affligé. Ce n'est là encore que reculer l'explication : d'où était venue la vie en cette autre planète ? Il faut donc convenir que le système de l'évolution ne peut guère se passer de deux hypothèses : formation, sans la vie, de la matière organique au sein de la matière minérale ; apparition, sans germe, d'une cellule organisée au sein de la matière organique. Or l'une et l'autre hypothèses sont contraires à la vérité des faits. Mais, sans remonter aux causes premières, revenons à la multiplication des germes dans les conditions actuelles.

On a appelé la théorie des germes : *panspermie atmosphérique*, parce qu'il a été question des germes mêlés aux poussières de l'air. Mais les germes ne sont pas seulement dans l'atmosphère, et même, à une certaine hauteur au-dessus du sol, l'air est pur et ne tient plus en suspension de poussières vivantes. A la surface de la terre, dans les eaux, sur tous les objets qui frappent nos regards, les germes de vie abondent, les espèces microscopiques pullulent en quantités innombrables, et on commence seulement à connaître le rôle immense qu'elles jouent dans la nature.

Les poussières que nous voyons s'agiter dans un rayon de lumière pénétrant dans une chambre obscure n'appartiennent pas toutes à la matière morte. Quelques atomes de ce tourbillon brillent d'un éclat subit : ce sont des cristaux microscopiques dont la lumière a frappé une facette ; ceux-là font partie du monde minéral. Mais, dans la foule obscure qui les entoure, il y a beaucoup d'êtres vivans ou de germes prêts à vivre. Ces germes ne sont transportés par l'air que lorsque l'air agité a soulevé les poussières adhérentes aux surfaces solides. Ils sont lourds et retombent à terre quand le mouvement a cessé. L'atmosphère calmée se purifie, comme l'eau trouble retenue immobile dans un bassin ; les impuretés tombent au fond. M. Pasteur a répété ses expériences sur les montagnes du Jura, puis sur les sommets du Montanvert ; il a reconnu que plus on s'élève, plus l'air est pur et les germes sont rares.

Dans les vallées et les champs où la vie abonde, reposant sur la terre et sur tous les objets solides qui la couvrent, la poussière vivante attend les conditions favorables à son éclosion. Il y a trois

conditions principales et générales : humidité, nourriture, température propice. Une chaude pluie d'orage tombe sur le foin coupé; de petites mares se forment; l'eau est tiède, elle a dissous un peu de matière organique et entraîné des germes. Ces germes vont se développer et la vie va pulluler. On verra des bâtonnets, mobiles ou immobiles, des infusoires munis d'un cil vibratile qui s'agite dans le vide et se fixe aux obstacles qu'il rencontre, des kolpodes qui paraissent énormes au milieu de ce petit monde.

Qu'un rayon de soleil tombe sur cette petite mare si rapidement peuplée et que l'eau soit évaporée, toute cette vie va s'arrêter. Les uns se déssèchent simplement, les autres, comme les kolpodes, à mesure que l'humidité cesse, se replient sur eux-mêmes, s'enferment, ou plutôt, suivant le terme usité, s'*enkystent* dans une enveloppe solide, une sorte de cocon dans lequel ils attendent le retour des conditions favorables à leur vie.

Tous ces vivans sortis de la poussière sont retournés à la poussière, mais ils ne sont pas morts pour cela. Les êtres inférieurs sont doués d'une vie intermittente. L'abbé Spallanzani, qui combattait la théorie des générations spontanées en Italie, tandis que l'abbé Needham la défendait en Angleterre, garda pendant sept ans, desséchées, des *anguillules du blé niellé*, puis il jeta une goutte d'eau sur cette poussière, et il vit les anguillules ranimées s'agiter en tous sens. Les grands animaux passent de la vie à la mort. Les petits peuvent se trouver dans un état de vie *latente*, état tout semblable à la mort, car ils cessent de se mouvoir, de se reproduire, de se nourrir, de respirer. Entre celui qui pourra ressusciter et celui qui ne le pourra pas il n'y a aucune différence. C'est là l'état des graines : les grains de blé trouvés dans les tombeaux des pharaons n'étaient pas morts; on leur a fourni de l'air, de l'eau, de la terre végétale, et ils ont germé. Si l'ouvrier égyptien qui les a enfermés là, il y a trois mille ans, avait eu la fantaisie de chauffer légèrement quelques-uns de ces grains, aucun chimiste, aucun micrographe, analysant leur chair, examinant leurs tissus, n'aurait su séparer aujourd'hui ceux où la vie était cachée et ceux qu'elle avait quittés. Cette force étonnante qui va faire sortir une plante et un épi du germe, attirant vers ce germe les substances nourrissantes, l'azote des ammoniaques, le carbone de l'acide carbonique décomposé, et donnant la forme héréditaire à ces matières puisées dans le sol ou empruntées à l'atmosphère, cette force ne se manifeste encore par aucun effet : il est impossible de savoir à l'avance si l'être en est encore doué ou s'il est inerte. Et il ne faut pas dire que, dans le monde minéral, il en est de même des corps qui possèdent la chaleur latente : la mécanique chimique sait aujourd'hui affirmer à l'avance que telle réaction doit absorber de la chaleur et telle autre

en dégager. La science reconnaît à la composition moléculaire les corps auxquels il convient de donner les noms de *exothermiques* ou *endothermiques;* les uns sont le résultat d'une dépense et les autres d'une absorption de force vive. La force apparaîtra sous forme de chaleur, dès qu'elle ne sera plus employée, sous forme d'énergie chimique, à maintenir ensemble les élémens du corps composé. Mais aucun indice ne révèle la présence de la vie; elle est latente, ou bien elle est envolée; on l'apprendra si la plante sort de terre. On ne peut pas savoir à l'avance si l'on a devant soi un germe ou bien un cadavre.

Quand les germes, — doués de vie latente, — rencontrent un liquide organique tel que le sang, l'urine, le moût de raisin, ils y pullulent rapidement, attaquent et décomposent la matière organique, provoquent des dégagemens de gaz. Il y a moisissure, fermentation, putréfaction. Mais les substances qui peuvent être ainsi décomposées par des êtres vivans sont-elles capables de donner naissance, dans des conditions favorables, à des êtres vivans? La substance du sang qui se putréfie, du moût qui fermente, substance dans laquelle le microscope va nous faire voir une multitude de ces êtres, s'est-elle organisée par l'effet d'une force plastique résidant en elles? Ou bien ce champ fécond serait-il resté stérile s'il n'avait point été ensemencé? Dans les liquides organiques exposés à l'air, si l'on en croit M. Pouchet, la matière organique devient organisée. Invariablement apparaissent les kolpodes, les infusoires, les vibrions, les levures, les moisissures. — Non, répondit M. Pasteur; si ces liquides ne contiennent point de germes et si la rentrée des germes est évitée, les liquides resteront invariablement purs. Le microscope n'y fera découvrir aucun être organisé. Il n'y aura ni moisissure, ni fermentation, ni putréfaction.

Les expériences de M. Pasteur, pendant cette discussion, furent variées et nombreuses. Il constata que l'ouate filtrait l'air et le dépouillait de germes. Un vase fermé par un tampon d'ouate et flambé, c'est-à-dire porté à 120 degrés, pour tuer les germes contenus dans le vase et dans le coton, conserve purs les liquides organiques lorsqu'ils ont été stérilisés par la chaleur. Avant de filtrer l'air par le coton, il avait songé à lui faire traverser, pour rentrer dans les vases où les liquides avaient bouilli, un tube de platine chauffé au rouge. Mais les hétérogénistes avaient protesté. Faire bouillir les liquides, chauffer l'air, c'était détruire cette force plastique, ce *primum movens* qui produisait l'hétérogénie. Le coton était moins meurtrier sans doute; mais M. Pasteur arriva à se passer même du coton. Il effila à la lampe d'émailleur le col de ses vases et montra que l'air, en passant par un long tube effilé, se dépouillait de ses poussières et n'altérait pas les liquides. Incli-

nait-on le vase, au bout de quinze jours, et aspirait-on par le tube effilé une goutte du contenu, elle retombait chargée de poussières, et le liquide, ensemencé par elle, était rapidement troublé et peuplé.

M. Pouchet essayait de répondre. Voici de l'eau bouillie, de l'oxygène qu'on vient de préparer en chauffant le chlorate de potasse, une petite botte de foin préalablement chauffée à 100 degrés dans une étuve; le tout laissé dans une éprouvette sur la cuve à mercure. Au bout de quelques jours, une moisissure apparaît. — Vous oubliez le mercure, répond M. Pasteur; des germes étaient déposés à la surface de la cuve, et ces germes se sont développés. — M. Bastian ne fut pas plus heureux : M. Pasteur lui prouva qu'il avait imparfaitement stérilisé tantôt ses vases, tantôt ses liquides de culture.

Aujourd'hui ce problème qui consiste à empêcher l'apparition d'êtres qui se reproduisent par milliers en quelques heures, et dont certains sont à peine visibles avec le microscope le plus puissant, est un problème résolu. Problème si difficile, exigeant de l'expérimentateur une si prodigieuse habileté à prévoir et à reconnaître les causes d'erreur qu'on avait presque renoncé à le résoudre, et que M. Biot et M. Dumas avaient conseillé à M. Pasteur de choisir un autre sujet d'études.

Quand M. Pasteur entreprit plus tard ses travaux sur les maladies, — maladies des vins ou des bières d'abord, puis maladies des animaux, — les faits qu'il avait établis à l'encontre de MM. Bastian et Pouchet lui revenaient souvent en mémoire : s'il n'avait pas débarrassé le terrain scientifique du préjugé des générations spontanées, toutes ses découvertes étaient impossibles. Que d'erreurs provenaient de ce préjugé! Si la théorie des générations spontanées est vraie, c'est spontanément que la bière, le vin, le vinaigre deviendront plats, filans, tournés, visqueux, comme disent les experts. Il suffirait, comme on le pensait, du moindre changement de température, ou même d'un nuage orageux qui passe. Spontanément aussi, les animaux seraient pris du charbon ou de la fièvre typhoïde. Et il ne faudrait pas songer à se préserver de ces maux. Lorsqu'au contraire on a su considérer les liquides organiques, et même le corps des animaux, comme des terrains de culture où des germes se déposent et se développent, on a connu la cause du mal et on a pu espérer s'en garantir.

III.

M. Pasteur était parvenu à conserver indéfiniment, sans corruption, les liquides les plus facilement corruptibles : il possède des ballons de lait, de sang, d'urine, de moût de raisin, de bouillons

de viande, de foin, ou de fruits divers qui depuis des années sont restés intacts. Détruire les germes par la chaleur ; les empêcher de rentrer soit en filtrant l'air par un bouchon de ouate purifié lui-même par la chaleur, soit en ne laissant rentrer l'air que par un long tube capillaire : telle est la méthode. Possédant ainsi des terrains de culture débarrassés de toute plante parasite, M. Pasteur voulut y ensemencer, à l'exclusion de tout autre, un germe particulier et obtenir ce qu'il appela une culture pure. Ce problème, qui consistait à opérer une sorte de triage parmi les germes microscopiques, n'était pas facile à résoudre.

Supposez-le résolu une première fois : la première culture pure vous servira de semence pour d'autres cultures. Il suffira de déposer une trace infinitésimale de cette semence dans un liquide stérilisé. Mais comment obtenir cette première semence pure ? Par des cultures successives dans des liquides appropriés aux besoins de l'être qu'on veut étudier et impropres au développement des autres êtres. On arrivera ainsi à assurer, dans la lutte pour l'existence engagée entre ces infiniment petits, la prédominance des uns et la disparition des autres.

Il y a de grandes différences parmi les propriétés physiologiques des espèces microscopiques, et ces différences fournissent des moyens de séparation. En premier lieu, les températures favorables à leur développement sont fort inégales. Beaucoup meurent au-dessous de 60 degrés ; quelques-unes résistent à 120 degrés. En les cultivant dans une étuve réglée à une température précise, on peut se débarrasser de toutes celles qui ne supportent pas cette température.

En second lieu, les caractères chimiques du milieu influent sur le développement des espèces diverses. Les moisissures, par exemple, ces deux petites plantes appelées *aspergillus niger* et *aspergillus glaucus*, qui poussent sur le pain, sur les oranges gâtées, dans le fromage de Roquefort, exigent un milieu acide. Au contraire, le ferment qui fait tourner le lait veut un milieu alcalin. Ces différences permettent de mettre certaines chances de son côté lorsqu'on veut provoquer le développement d'une espèce isolée et éliminer les autres espèces. C'est ce moyen qu'emploient les distillateurs quand ils ajoutent au liquide où ils ont fait macérer les betteraves une certaine dose d'acide sulfurique. Le milieu acide convient à la levure, et nuit au développement des fermens étrangers, qui produiraient aux dépens du sucre de l'acide lactique, ou des gommes visqueuses, au lieu d'alcool.

Enfin, M. Pasteur a établi parmi les espèces microscopiques une distinction fondée sur un caractère tout nouveau. Il existe, et c'est là une des découvertes les plus imprévues du grand physiologiste, des êtres qui vivent sans air. Il y a même des espèces qui ne peuvent pas vivre en présence de l'air. Littré, sur la demande de

M. Pasteur, leur a cherché un nom générique et leur a donné celui d'*anaérobies*. Sous la lamelle du microscope, au centre de la goutte du liquide putréfié où ils ont pullulé, on voit les *vibrions butyriques* remuans et agiles ; sur les bords, où l'air pénètre, le mouvement cesse, les vibrions sont morts. Quand la fermentation butyrique est en train, elle se poursuivra dans une atmosphère d'acide carbonique, sans une trace d'air. Si l'on remplace le courant d'acide carbonique par un courant d'air, les vibrions tomberont au fond du vase et la fermentation s'arrêtera. Les poissons ont besoin pour respirer, de l'oxygène dissous dans l'eau : l'oxygène, même en dissolution, est funeste aux anaérobies. Cependant ils respirent, ils ont besoin aussi d'oxygène, mais d'oxygène combiné à d'autre corps. Mélangé à l'azote de l'air, dissous dans l'eau, il les brûle. Ces êtres ont le pouvoir d'attaquer la molécule complexe, d'en séparer les élémens utiles à leur vie et d'en rejeter les débris : c'est ainsi qu'ils jouent leur rôle de ferment.

On conçoit que les fermens aérobies et anaérobies donnent des résultats très différens. Pourquoi les ménagères qui préparent des fromages les suspendent-elles à la porte de leurs maisons et ont-elles soin de les retourner souvent? C'est que, dans la fermentation très complexe de la caséine, les anaérobies donneraient de mauvais produits. M. Gayon vient de publier de très curieuses expériences sur les fumiers : à l'air libre, la température monte à 80 degrés, et la fermentation dégage des torrens d'ammoniaque, perdue pour la terre. A l'abri de l'air, la température ne monte qu'à 30 degrés et les gaz qui s'échappent sont des carbures d'hydrogène, inutiles à la terre, propres à l'éclairage. Probablement ce sont aussi des anaérobies qui font dégager du fond des eaux stagnantes un carbure d'hydrogène, le *gaz des marais*. Les agriculteurs commencent à s'occuper de la question de l'ensilage : la composition chimique des fourrages sortant du silo n'est plus la même que lors de la récolte : une fermentation a eu lieu par les anaérobies, qui ont été enfermés dans le silo à l'état de germes et qui se sont développés à l'abri de l'air.

On voit que de questions a soulevées M. Pasteur et combien de travaux il a suscités, travaux qui ne sauraient manquer d'être féconds, grâce aux méthodes qu'il a enseignées et aux lois qu'il a découvertes! Mais revenons à ceux qu'il a achevés lui-même et qui serviront de modèle à tous les autres.

IV.

Liebig expliquait autrefois les fermentations et les putréfactions par un ébranlement moléculaire que subissaient les matières azo-

tées, telles que l'albumine, la fibrine, la caséine, lorsque l'air les avait altérées : cet ébranlement se communiquait de proche en proche aux matières fermentescibles ; les molécules étaient rompues, et des produits nouveaux apparaissaient. Telle était, d'après le savant bavarois, la façon dont la nature avait assuré la décomposition des substances organiques. Tous les corps qui ont vécu doivent se désagréger, devenir liquides ou gazeux. Leurs élémens rentrent ensuite en de nouveaux corps. Sans cette circulation de la matière et cette sorte de métempsycose, la surface de la terre serait encombrée de cadavres inutiles, et sa fécondité serait épuisée après un petit nombre de générations.

Lorsqu'on commença à penser que les vrais agens de la décomposition des corps et de la circulation des substances organiques étaient des animalcules microscopiques, Liebig ne dissimula pas son dédain pour ces nouvelles hypothèses. « C'est là, disait-il, raisonner comme ferait un enfant qui croirait expliquer la rapidité du cours du Rhin en l'attribuant au mouvement violent que les nombreuses roues des moulins de Mayence impriment à l'eau dans la direction de Bingen. » L'image est fort belle, mais l'idée n'était pas juste. On sait aujourd'hui établir une classification parmi les infiniment petits et reconnaître dans chaque fermentation l'œuvre distincte de chaque espèce.

Les produits les plus complexes, les plus parfaits qui résultent de la synthèse organique opérée par la vie, sont les albumines. C'est la substance de nos muscles et des globules de notre sang. Il y a deux sortes d'albumines : les premières, toutes prêtes pour la vie, incristallisables, insolubles et de formule chimique très compliquée ; les secondes, de formule plus simple, cristallisables, solubles, se rapprochant en somme du monde minéral ; elles résultent du dédoublement des premières et sont, en quelque sorte, le déchet de la combustion vitale. La plus simple de toutes est l'*urée*. Un ferment spécial, étudié par M. Pasteur, transforme l'urée en eau et en carbonate d'ammoniaque. Par là se termine la fermentation des albumines et le retour de cette partie essentielle de la matière vivante à la matière morte. Quand un cadavre se putréfie, il finit, grâce à l'action des êtres microscopiques, par se résoudre en eau, en acide carbonique, en ammoniaque et en gaz divers parmi lesquels se trouve toujours l'hydrogène.

Les sucres doivent compter parmi les matières non azotées les plus complexes qui se forment dans les organismes vivans. Comme les albumines, les sucres se décomposent et leurs élémens redescendent au monde minéral en traversant plusieurs états et par l'action de diverses espèces vivantes microscopiques.

Les *levures* attaquent le sucre et produisent l'alcool et l'acide

carbonique. C'est improprement qu'on parle de fabriquer la levure de bière : on devrait dire cultiver. Depuis les travaux de Schwann et de Cagniard de Latour, on sait que la levure est un être vivant. C'est une cellule isolée, un peu ovale, qui se reproduit avec une merveilleuse rapidité : sur l'enveloppe apparaît un bouton qui grossit à vue d'œil : c'est une seconde cellule bientôt détachée de la première. Quelques cellules, déposées dans un liquide légèrement acide, contenant du sucre et de l'albumine, donnent rapidement une ample récolte.

La levure de bière, que les hommes cultivent et se transmettent depuis de longs siècles comme le blé, n'est pas la seule levure connue. L'agent de destruction est toujours voisin de la substance dont il doit se nourrir : on trouvera toujours des globules de levure attachés aux branches et aux feuilles des plantes dans lesquelles le sucre se produit, par exemple aux feuilles et aux grappes de la vigne.

Comment agit la levure? Les savans, qui cherchent à expliquer tous les phénomènes vitaux par la chimie et la mécanique, sont tout naturellement enclins, chaque fois que les corps se transforment, à chercher un réactif chimique qui puisse avoir provoqué la transformation. Or, aucune réaction connue, aucun artifice de laboratoire ne leur permettait d'imiter l'effet du ferment; il a été impossible, jusqu'à présent, de tirer l'alcool du sucre sans la levure. Mais ce réactif chimique, M. Berthelot pensa que la levure pourrait peut-être le sécréter, de même que notre estomac sécrète cet autre réactif qui dissout nos alimens, le suc gastrique. Il y avait une difficulté. Il est aisé de se procurer le suc gastrique, de l'isoler, d'en séparer la *pepsine*, qui est la partie active; mais M. Berthelot ne pouvait isoler le réactif, le *ferment soluble* qu'il croyait sécrété par la levure pour décomposer le sucre, et il était obligé de supposer que ce ferment se dépensait à mesure qu'il était produit. Ce n'était là qu'une hypothèse.

Au contraire, M. Pasteur a toujours soutenu que la décomposition du sucre était un phénomène corrélatif au développement, à la vie de la levure. Ce phénomène est beaucoup moins simple qu'on ne pourrait croire : avec l'alcool et l'acide carbonique, on voit apparaître de petites quantités d'acide succinique et de glycérine. Il n'est plus douteux aujourd'hui que le sucre est absorbé par la levure et que les nouveaux produits sont en quelque sorte des résidus de respiration et de digestion.

Le sucre a donné de l'alcool et de l'acide carbonique : c'est le premier résultat de sa fermentation, le premier pas exécuté en retour vers le monde minéral. L'alcool est déjà un de ces produits organiques simples, produits de combustion n'apparaissant dans l'être vivant que comme déchets et résidus de la vie et dont

la synthèse a pu être artificiellement opérée dans les laboratoires. L'alcool va être brûlé à son tour par l'entremise de petits parasites. Il peut l'être directement par le mycoderme du vin, souvent appelé la fleur du vin, qui le change en eau et acide carbonique ; indirectement par le *mycoderma aceti*, qui transforme d'abord l'alcool en un produit organique très oxydé, un acide volatil : l'acide acétique. Laissez du vin exposé à l'air dans une soucoupe ; la fleur du vin le couvrira bientôt ; ajoutez-y un peu de vinaigre ; le milieu acide deviendra favorable à l'autre mycoderme qui se développe sur toute la surface, étouffant et finissant par absorber son rival.

C'est là le premier mode de destruction du sucre. Il en existe un autre. Le sucre peut donner de l'acide lactique, puis de l'acide butyrique, grâce à l'action de deux fermens distincts. Le ferment lactique est un bâtonnet immobile ; le ferment butyrique, un vibrion anaérobie très remuant.

Voici donc les albumines et les sucres, produits supérieurs de la vie, réduits à l'acide carbonique, à l'eau, à l'ammoniaque, redescendus au monde minéral. Le cadavre d'un buffle ou d'un éléphant, le tronc d'un chêne abattu, ne vont pas profiter seulement à l'étroit espace où ils sont tombés. Ils finiront, grâce à la fermentation, par se résoudre en des gaz que les courans atmosphériques entraîneront. Après cette œuvre de dissolution commencera une œuvre de reconstruction. Le carbone sera absorbé par les feuilles des plantes, et les matières organiques se reformeront. Ces matières iront reconstituer les tissus des animaux. Puis reviendra la mort, et les infiniment petits recommenceront encore à désagréger cette masse organique, à remettre en circulation ce capital accumulé.

Comment M. Pasteur arriva-t-il à prouver que le véritable agent de la fermentation était l'être vivant qu'il voyait se développer au sein de la matière fermentescible ? Les chimistes ne manquaient pas de lui dire, comme plus tard les médecins : « Vous prenez l'effet pour la cause. Liebig l'a indiquée. Plus tard, quand la fermentation est en train, au sein des débris de la matière organique, apparaissent vos levures, vos *bacillus*, vos vibrions. »

M. Pasteur ensemença de quelques cellules de levure pure un liquide qui ne contenait aucune substance albuminoïde. Il avait fait dissoudre dans l'eau des phosphates de potasse et d'ammoniaque, un peu d'acide tartrique et du sucre candi. Sauf l'acide tartrique et le sucre, le milieu était entièrement minéral. La levure se développa ; les bulles d'acide carbonique se dégagèrent, et le liquide sucré devint alcoolique. C'était réfuter victorieusement la théorie du mouvement vibratoire communiqué par une substance albuminoïde en décomposition, puisqu'aucune substance albumi-

noïde n'était employée. Mais, disait-on à M. Pasteur, que se passe-t-il dans les cuves de vendange? Elles ne sont jamais *ensemencées.* On écrase le grain et on laisse le moût à lui-même : il se met bientôt à bouillonner. M. Pasteur montra que l'agent de la fermentation est toujours la levure : seulement il s'agit ici d'une levure particulière que la grappe de raisin porte avec elle : on l'a appelée levure spontanée. Le nom est impropre, car, pas plus que les autres, elle ne naît spontanément. C'est une petite plante qui végète comme la levure de bière : elle pousse sur les grappes et les grains de la vigne, toute prête à agir quand les grains seront rompus et qu'elle sera mise en présence du jus sucré. L'autre levure est une plante cultivée, celle-ci est une plante sauvage.

M. Pasteur la découvrit en lavant avec un pinceau la peau des grains ou le bois de la grappe : la goutte d'eau jetée du bout du pinceau sous l'objectif du microscope contenait toujours des cellules de levure. Une discussion un peu orageuse s'engagea entre M. Pasteur et M. Frémy; et, pendant quelque temps, à propos d'un grain de raisin, l'Académie fut partagée en deux camps. Pouvait-on conserver du moût de raisin sans développement de levure et sans fermentation? Telle était la question que posaient à M. Pasteur les défenseurs d'une théorie nouvelle qu'on appelle théorie de l'*hémiorganisme.* Entre les corps organisés ou non organisés, ils en imaginaient d'autres à demi organisés, capables de le devenir tout à fait. Le moût de raisin était, d'après eux, une substance douée d'une *force plastique* grâce à laquelle se formaient des cellules. Si M. Pasteur employait la chaleur pour stériliser le liquide : « L'expérience ne prouve plus rien, lui disait-on. Vous tuez les germes, mais vous détruisez aussi la force plastique. Vous supprimez du même coup ce qui est organique et ce qui est hémiorganique. Si vous laissez le moût à lui-même, la force plastique ne manquera pas d'agir, les cellules apparaîtront et la fermentation commencera. Cela est de toute nécessité. »

M. Pasteur trouva moyen de puiser le jus dans le grain sans le mettre en contact avec les cellules de levure qu'il savait adhérer à la pulpe. Le grain était soigneusement lavé avec un pinceau. Un tube de verre effilé par un bout, fermé à l'autre bout par un tampon d'ouate préalablement *flambé,* c'est-à-dire porté à 120 degrés pour être débarrassé des germes qui pouvaient adhérer au verre ou au coton, servait à aspirer le jus par un petit trou fait à l'enveloppe du grain. La pointe effilée était aussitôt refermée à la lampe et le liquide se conservait intact sans fermentation.

M. Pasteur tenta une expérience plus concluante encore. Il s'était aperçu que les cellules de levure n'apparaissaient pas sur la vigne avant le mois de juillet. Dans sa vigne d'Arbois, il fit construire

une serre couvrant trois ou quatre ceps et, dès la fin de juin, il enveloppa les grappes naissantes d'un épais manteau d'ouate. La maturation des grappes n'en fut en rien gênée, mais elles mûrirent à l'abri des germes. Elles furent apportées à Paris, découvertes devant une commission de l'Institut, et le jus qu'elles fournirent ne fermenta pas. Le raisin, séparé des germes de levure, ne donna point de vin.

Cette expérience, si simple mais si hardie, fournissait aux idées de M. Pasteur une preuve indiscutable. La théorie de Liebig, et celle de l'hémiorganisme, dernier souvenir de la théorie des générations spontanées, étaient également vaincues. M. Pasteur avait démontré que le phénomène était corrélatif à la vie de la levure, et que, si les liquides sucrés n'étaient pas décomposés par cet être vivant, le grain de raisin, ce type des substances fermentescibles, ne fermenterait pas et se conserverait intact, indéfiniment, comme les matières minérales les plus inattaquables.

V.

Les espèces microscopiques jouent dans la nature un rôle immense en opérant la destruction des substances organiques édifiées par la vie et le retour de la matière au monde minéral. Si, au lieu de les considérer à ce point de vue général, on veut rechercher de quelle utilité ces espèces peuvent être à l'homme, on voit que les services rendus sont nombreux. Les méfaits ne le sont pas moins. Nous devons aux infiniment petits toutes les liqueurs fermentées, Nous leur devons aussi cette préparation particulière que subit l'albumine du lait dans la fabrication des fromages. Ce n'est pas tout. On les a montrés agens de nitrification et produisant le salpêtre. M. van Tieghem a donné un nom à une espèce de vibrions qui détruit la cellulose des plantes et travaille pour les amidonniers en isolant les corps qu'ils préparent. D'autres vibrions, au contraire, respectent et isolent la cellulose : ce sont eux qui opèrent le *rouissage* du chanvre et ne laissent de la plante que les fibres, qui serviront à tisser la toile.

Tous les germes de fermentation ne sauraient nous être utiles. Ce que nous demandons à la fermentation alcoolique, ce n'est pas le retour complet de la matière à l'état minéral. Nous arrêtons l'opération au milieu. Quand il s'agit du sucre, nous voulons en tirer l'alcool, quelquefois l'acide acétique, mais non pas l'acide carbonique et l'eau. Les fermens tels que le mycoderme du vin, qui achèvent la destruction de la matière organique, sont donc toujours nuisibles. En outre, il y a des fermens qui donnent des produits désagréables à notre goût. Le vin peut devenir *piqué*, *tourné*,

visqueux, la bière devenir aigre. Autant de fermentations spéciales dues à des organismes distincts. Dès que ce fait fut connu et que le rôle de chaque ferment utile ou malfaisant fut déterminé, on put chercher un remède au mal. Autrefois, tous ces changemens fâcheux étaient attribués à de mystérieuses influences, dues à l'état de l'atmosphère. Il ne s'agissait plus, une fois le vin ou la bière bien préparés, que d'éviter l'envahissement des germes. M. Pasteur indiqua pour les vins un moyen sûr : la chaleur. Quand un vin a été porté quelques instans à 60 degrés, les germes qui devaient le *piquer*, le *tourner*, le rendre *amer* ou *filant*, sont détruits et le vin se conserve. On a prétendu que son *bouquet* était légèrement altéré; mais les erreurs assez comiques des dégustateurs, lorsqu'ils n'étaient pas prévenus, ont fait justice de ces préventions.

La bière, plus encore que le vin, est sujette à l'envahissement des fermens malfaisans, tels que les fermens acétique, lactique, butyrique. Elle est moins acide que le vin et plus chargée de principes gommeux et sucrés. Le chauffage peut lui être appliqué comme au vin. Il est possible aussi, pendant la fabrication, d'éviter l'invasion des fermens et d'employer un levain tout à fait pur. La méthode est due à M. Pasteur. Le danger, pour les brasseurs, se présente au moment où, après avoir fait bouillir le *malt*, ils laissent refroidir leur moût. C'est alors que l'emploi de vases disposés de façon à empêcher l'entrée des germes et à ne laisser pénétrer qu'un air purifié des poussières atmosphériques évite les mauvaises fermentations.

C'est ainsi que la méthode des *cultures pures* put être introduite dans la pratique industrielle. Obtenir le développement du ferment spécial que l'on veut employer, éviter l'invasion des autres : tel est le résultat qu'il faudra atteindre. M. Pasteur donna des enseignemens analogues aux vinaigriers. Les copeaux de hêtre sur lesquels ils font couler les vins n'ont qu'une utilité : diviser le liquide, multiplier la surface exposée à l'air et servir de support à un petit ferment, le *mycoderma aceti*, qui fixe l'oxygène sur l'alcool et en fait de l'acide acétique. Quand l'opération manque, c'est que d'autres êtres sont intervenus et ont gêné l'action du mycoderme. Dans les vinaigreries d'Orléans, M. Pasteur trouva en grandes quantités des anguillules, visibles avec une loupe assez forte; ces êtres, très avides d'oxygène, comme le mycoderme, peuvent arrêter son développement et se substituent à lui. A Orléans, on n'emploie pas les copeaux de hêtre. On introduit le vin dans des tonneaux appelés *mères du vinaigre*, où de précédentes opérations ont laissé des dépôts de mycoderme. Il faut fabriquer sans interruption pendant toute l'année, sans quoi les *mères* du vinaigre se gâtent et l'acétification ne se fait plus. Quelquefois tout était interrompu sans

qu'on sût deviner les causes de l'accident. M. Pasteur apprit aux vinaigriers à cultiver avec pureté le précieux mycoderme, à éviter l'invasion des anguillules et des autres parasites, à ne pas dépasser les limites d'une opération bien menée : il avait remarqué que le mycoderme lui-même, après avoir transformé l'alcool, attaque l'acide acétique et affaiblit le vinaigre.

Comment, sans écrire un volume, pourrait-on entreprendre même le résumé de tous les services rendus par M. Pasteur? Mais comment aussi ne pas dire un mot de ses recherches sur la maladie des vers à soie? La fortune de plusieurs départemens du Midi était atteinte, comme elle l'a été depuis par le phylloxera. Le mal avait été attribué d'abord, par les éducateurs français, à leurs graines, et ils en avaient fait venir d'Italie. Il y eut quelques années de répit. Mais bientôt l'Italie, et même le nord de l'Espagne, étaient atteints du même fléau. Quelquefois les vers mouraient peu de jours après leur éclosion; quelquefois ils vivaient jusqu'à la mue. On trouvait leurs cadavres par milliers sur les litières. On essaya de nombreux remèdes : la fleur de soufre, les cendres, la suie répandues sur les feuilles de mûriers ou même sur les vers; puis les fumigations de chlore et d'acide sulfureux. Rien ne réussissait. Les propriétaires, les maires, les conseils municipaux et généraux adressèrent une pétition au sénat, qui nomma une commission : c'est là, dans les circonstances embarrassantes, le moyen, pour les assemblées, de donner satisfaction aux plaignans et de se débarrasser d'un souci. Mais la commission sénatoriale avait M. Dumas pour rapporteur, — et M. Dumas connaissait M. Pasteur. — M. Pasteur, chargé par le gouvernement d'étudier les causes du fléau, s'installait bientôt à Pont-Gisquet, dans le Gard, et commençait des recherches qui furent poursuivies pendant cinq ans. Aujourd'hui, l'étiologie de la maladie, qu'on a appelée la *pébrine*, est bien connue : on sait que les corpuscules qui abondaient dans les poussières des magnaneries, absorbés par les vers, envahissent le canal intestinal, pénètrent les autres organes et finissent par provoquer sur la peau les taches caractéristiques; on sait reconnaître ces corpuscules, qui se retrouvent dans les papillons, dans les cocons, dans les œufs des vers à soie; on sait enfin se garantir du mal en ayant soin d'examiner attentivement les graines au microscope et de ne jamais introduire dans la magnanerie des graines corpusculeuses.

VI.

Ces travaux devaient conduire M. Pasteur à l'étude des maladies contagieuses, et ses recherches antérieures rendaient déjà pro-

bable l'explication de ces fléaux par le développement, dans l'organisme, de parasites microscopiques. Que peut-on entendre par un miasme? Qu'a-t-on reçu d'un malade lorsque, pour avoir serré sa main ou respiré l'air de sa chambre, on est infecté du même mal? Il faut supposer qu'une petite partie du poison qui est dans ses veines a passé dans celles du nouveau malade. Mais quel est ce poison? C'est un poison qui se multiplie. Il apparaît à un endroit; il s'attaque à un organisme, il l'a bientôt envahi tout entier; puis il passe à d'autres et dévaste toute une contrée. Les poisons les plus actifs de la chimie minérale ou organique, l'arsenic ou la strychnine, ne sauraient tuer qu'un nombre déterminé d'individus; le mal cesse quand la provision malfaisante est épuisée. Au contraire, le mal dont nous parlons gagne de proche en proche sans s'épuiser. C'est un poison qui se reproduit et se multiplie, par conséquent un poison vivant, un virus.

Rappelons ce qui est nécessaire au développement des microbes de toute sorte : l'humidité, la chaleur, la nourriture. Ainsi se constitue le *milieu de culture*. Humidité, chaleur, nourriture, sont admirablement fournies par le corps de l'homme ou des grands animaux; et, quand certains germes y pénètrent, il n'y a point de raison qui les empêche de s'y multiplier et d'y exercer des ravages.

M. Bastian et les savans qui persistaient à expliquer la fermentation par le système de Liebig protestèrent naturellement contre cette théorie des maladies contagieuses. Liebig lui-même avait dit de la petite vérole : « Par le contact du virus, le sang subit une altération à la suite de laquelle ses élémens reproduisent de nouveau le virus. Cette métamorphose ne s'arrête qu'après la transformation complète de tous les globules décomposables. » Au congrès de Londres, en 1880, M. Bastian soutint que la présence des microbes dans le sang des malades était l'effet et non la cause de la maladie. « Prenez, lui dit M. Pasteur, un membre d'un animal, broyez-le, laissez s'épancher dans ce membre, autour de ces os broyés, autant de sang et d'autres liquides normaux ou anormaux qu'il vous plaira. Veillez seulement à ce que la peau du membre ne soit ni déchirée ni ouverte, et je vous porte le défi de faire apparaître les jours suivans, et pendant tout le temps que durera la maladie, le moindre organisme microscopique dans les humeurs de ce membre. » M. Bastian n'accepta pas le défi et fit bien. A l'heure où il parlait, de trop nombreuses expériences prouvaient que le virus introduit dans le sang, après avoir traversé la peau et forcé cet appareil défensif donné par la nature à l'animal, y apporte la maladie et la mort.

Bien autrement clairvoyant, le grand physicien Tyndall écrivait

quelques années plus tôt à M. Pasteur : « Pour la première fois dans l'histoire de la science, nous avons le droit de nourrir l'espérance certaine que, relativement aux maladies épidémiques, la médecine sera bientôt délivrée de l'empirisme et placée sur des bases scientifiques réelles. Quand ce grand jour viendra, l'humanité, dans mon opinion, saura reconnaître que c'est à vous que sera due la plus large part de sa gratitude. » Ces espérances ne devaient pas être déçues. Le travail magnifique de M. Pasteur sur la maladie charbonneuse devait le premier servir de modèle, et montrer, — ce à quoi l'on ne s'attendait guère, — que la médecine peut devenir une véritable science d'observation et de raisonnement.

Les docteurs Rayer et Davaine avaient constaté, dès 1850, la présence de filamens nombreux et assez longs dans le sang d'un animal mort du charbon ; mais ils n'avaient pas tiré la conclusion de leur découverte. Vingt-cinq ans plus tard on croyait encore qu'il y avait un grand nombre de sortes de charbons : le sang-de-rate des moutons, la fièvre charbonneuse des chevaux, etc. Une étude de MM. Jaillard et Leplat, professeurs au Val-de-Grâce, n'éclaira pas la question. Ces expérimentateurs inoculèrent à des lapins le sang d'une vache morte du charbon. Les lapins moururent : leur sang fut inoculé à des cobayes, qui moururent aussi. Mais des filamens, — les *bactéridies* (ce nom leur avait été déjà donné), — furent introuvables ; M. Davaine pensa qu'on avait affaire à une autre maladie, qu'il appela « maladie des vaches. »

M. Paul Bert était alors occupé de ses essais sur les hautes pressions ; il soumit un sang charbonneux à une pression considérable dans le gaz oxygène, et déclara que tous les germes vivans avaient été tués. Le sang fut inoculé à des lapins : les lapins moururent. Et M. Paul Bert, ayant affirmé qu'il avait tué les germes, décida que les germes ne donnaient pas le charbon.

M. Pasteur, lorsqu'il s'attaqua à ce difficile problème, recourut de nouveau à cette méthode qui lui avait fourni la vraie théorie des fermentations et permis de démontrer l'erreur de Liebig, la méthode des cultures. On n'en a pas oublié les conditions : un liquide nutritif pur, c'est-à-dire privé de germes soit par la chaleur, soit par la filtration ; une trace de la substance contenant les germes à étudier, prise avec pureté, sans mélange d'autres germes, déposée dans le liquide de culture ; le tout contenu dans un petit matras, préalablement *flambé*, où l'air ne pénètre qu'à travers une carde de coton. Le liquide de culture choisi fut un bouillon fait de la chair des animaux les plus sujets à la maladie charbonneuse ; la semence, une goutte du sang d'un animal mort du charbon, puisée dans le cœur avec toutes les précautions que M. Pasteur avait employées naguère

pour puiser avec pureté une goutte de jus dans un grain de raisin. Un dépôt ne tarda pas à se former au fond des liquides; et ce dépôt, examiné au microscope, fit voir en abondance les filamens des bactéridies. Les cultures avaient réussi.

Ces bactéridies, obtenues ainsi en dehors de l'organisme, donnaient infailliblement le charbon à tous les animaux auxquels elles étaient inoculées. Les matras rangés dans l'étuve du laboratoire contenaient de quoi donner le charbon à des milliers d'individus. Le liquide filtré à travers la terre poreuse était inoffensif. La bactéridie elle-même était donc l'agent du mal.

Ces faits établis, que devait répondre M. Pasteur aux expérimentateurs qui l'avaient précédé? A M. Paul Bert, tout simplement qu'il s'était trompé : il n'avait pas, comme il le pensait, détruit les germes dans le sang charbonneux qu'il avait inoculé. Mais MM. Jaillard et Leplat et M. Davaine ne s'étaient pas trompés. Ils s'étaient arrêtés en bon chemin, ne sachant pénétrer plus avant dans ce monde des infiniment petits, où M. Pasteur, grâce à des prodiges de sagacité, a seul pu se reconnaître. Voici ce que M. Pasteur parvint à établir. Quand un cadavre est abandonné à la putréfaction, il est presque toujours envahi par des vibrions, nommés vibrions septiques, et agens de la maladie dite *septicémie*. L'inoculation d'un sang putride donne la septicémie et la mort. Il ne faut pas confondre les vibrions septiques avec les bactéridies; ils en diffèrent par la forme et plus encore par les caractères physiologiques : les vibrions sont anaérobies, les bactéridies sont aérobies. Le cadavre d'un animal mort du charbon se putréfie plus vite qu'un autre : dans le sang où l'air n'est plus renouvelé, les bactéridies périssent et au contraire les vibrions se multiplient. Au bout d'un certain nombre d'heures, un sang charbonneux est devenu un sang septique. De là l'erreur de l'expérience de Chartres : on avait bien commencé par le charbon, mais on avait fini par la septicémie, et c'est cette dernière maladie qu'on avait inoculée.

La méthode des cultures en dehors de l'organisme permit à M. Pasteur de connaître admirablement les conditions de vie de la bactéridie. Parmi les êtres microscopiques, les uns se reproduisent par *scissiparité :* un vibrion s'allonge, se rompt, et on a deux vibrions. D'autres produisent des germes, des graines véritables, dans lesquelles la vie se conserve à l'état latent, prête à renaître lorsque des conditions favorables lui seront fournies. Telle est la bactéridie. Lorsqu'on laisse vieillir la culture dans le liquide nutritif épuisé, on voit apparaître des grains brillans dans les longs filamens de la plante. Peu à peu ces filamens se rompent et disparaissent, et il ne reste plus qu'une poussière de germes. A partir de 44 degrés, la bactéridie ne se cultive plus; à partir de 42 degrés, elle ne pro-

duit pas de germes. De ces deux observations, la première donna lieu à une très curieuse expérience; la seconde, à l'une des plus fécondes découvertes de notre temps.

Voici l'expérience. Jamais les oiseaux ne sont atteints du charbon. Pourquoi? C'est que leur température est supérieure de quelques degrés à celles des mammifères. A 42 degrés, le développement de la bactéridie est déjà gêné; la résistance vitale de l'animal suffit à le débarasser du parasite. La température des oiseaux étant abaissée artificiellement, ils doivent prendre le charbon : M. Pasteur en fit l'essai sur des poules qu'on attachait dans l'eau froide : quand leur température descendait au-dessous de 40 degrés, leur sang était envahi par les bactéridies. Si le mal n'était pas trop avancé, on les guérissait en leur laissant reprendre leur chaleur naturelle.

Voilà maintenant la découverte. Mais, pour la bien faire connaître, il nous faut revenir un peu en arrière et parler d'un travail que M. Pasteur avait accompli chemin faisant. Il étudiait, et il avait pu cultiver, selon sa méthode, un très petit microbe, presque imperceptible au microscope, qui donne aux oiseaux la maladie appelée *choléra des poules.* Il s'aperçut que les cultures très anciennes où les microbes se conservaient depuis longtemps exposés à l'air ne donnaient plus la mort. L'animal inoculé éprouvait un malaise de quelques jours et guérissait.

Ce fut pour M. Pasteur un trait de lumière : *la virulence était variable.* Cette qualité propre à certaines espèces est assez mystérieuse, car personne ne saurait dire absolument par quel procédé un microbe qui pullule dans le sang attaque la vie de l'animal et provoque dans son organisme des désordres : pour la bactéridie, il a semblé probable que cet être avide d'oxygène en privait les globules du sang et que la mort par le charbon était une mort par asphyxie. Quoi qu'il en soit, la virulence est une qualité caractéristique de l'espèce; M. Pasteur a dit qu'il ne fallait pas s'attacher outre mesure aux caractères morphologiques, si mal définis, si difficilement perceptibles chez les infiniment petits, mais chercher les caractères physiologiques. Le caractère propre des microbes des maladies contagieuses, le trait qui sépare ces infiniment petits d'autres espèces presque semblables, c'est qu'ils tuent en peu de jours les plus puissans animaux. Or ce caractère est variable. Ce signe distinctif de l'espèce n'est point immuable et s'efface avec le temps et suivant l'influence du milieu. C'est là une sorte de transformisme; si la théorie de Darwin devait jamais trouver de vraies preuves expérimentales, il faudrait sans doute les chercher parmi ces espèces microscopiques pour lesquelles il est si facile de modifier le milieu et chez lesquelles les générations se

succèdent par milliers en quelques heures. Ce n'est pas là cependant le transformisme tel que Darwin l'entend : le caractère n'est pas changé peu à peu, de générations en générations, par la survivance des individus les mieux appropriés au milieu. Le caractère est perdu chez une seule génération qu'on a laissée vieillir en présence de l'air et dans des conditions où elle ne pouvait ni se nourrir ni se reproduire. Ce n'est pas la lente modification de l'espèce, c'est l'atténuation de l'individu, atténuation qu'il transmet à ses descendans lorsqu'on lui rend, avec un milieu nutritif, la faculté de se reproduire.

Dès qu'il eut constaté ce phénomène, M. Pasteur comprit le parti que la médecine pouvait tirer de sa découverte. Les maladies contagieuses, lorsqu'elles ne détruisent pas l'organisme, le laissent modifié de telle sorte qu'elles ne peuvent pas s'attaquer à lui une seconde fois. C'est un champ épuisé par un genre de culture particulier et où la même graine ne lèvera plus. Une maladie atténuée et bénigne rend l'organisme impropre à recevoir la même maladie à l'état pernicieux : telle est la théorie de la vaccine. Les vaccins sont des virus atténués.

M. Pasteur constata le fait pour les poules qui avaient reçu le choléra atténué : le choléra le plus pernicieux fut sans effet sur elles. Il songea immédiatement après à chercher la vaccine du charbon. Mais il rencontra une difficulté.

Nous avons dit qu'une culture de bactéridies qui vieillit, exposée à l'air, se détruit et ne laisse que des germes. Ces germes, étant à l'état de vie latente, dénués de toute activité vitale, sont réfractaires aux influences extérieures : comme des graines sans emploi, ils gardent fidèlement les caractères de la plante qui les a produits pour les transmettre à celle qui pourra sortir d'eux. Avec des êtres donnant des germes, on ne pouvait donc reprendre les moyens employés pour ceux qui n'en donnent pas et se reproduisent par scissiparité. Laissez *vieillir*, en présence de l'oxygène, le microbe du choléra des poules, il s'atténuera de plus en plus; si vous laissez vieillir une culture de bactéridies dans un milieu épuisé, vous ne trouverez plus que des germes prêts à donner naissance à de nouvelles bactéridies qui ne seront pas du tout atténuées. Il fallait conserver les bactéridies et les laisser vieillir en présence de l'oxygène, tout en les empêchant de produire des germes. Or le moyen était trouvé : on a vu qu'entre 42 et 44 degrés les bactéridies ne produisent point de germes.

Les résultats dépassèrent toute espérance; M. Pasteur obtint, — suivant la durée de l'exposition à 42 degrés, — une gradation de la virulence. Les bactéridies s'atténuèrent peu à peu; de jour en

jour, on puisait de la semence dans le matras mis à l'étude, et l'on ensemençait des liquides préparés et cultivés d'après les conditions ordinaires; on obtint tous les degrés de virulence, depuis le virus qui envahissait les veines des bœufs et des chevaux jusqu'à celui qui ne tuait que les plus faibles animaux, comme des souris ou des cobayes âgés de quelques jours. Ces résultats s'obtenaient rapidement : au bout de huit à neuf jours, les liquides ensemencés restaient stériles; la semence mise à l'étuve était morte.

Alors eurent lieu, sur la demande de la Société d'agriculture de Seine-et-Marne et de son président, M. le baron de La Rochette, ces grandes expériences de Pouilly-le-Fort, qui eurent un si éclatant retentissement. Après avoir été vaccinés, les moutons, les chevaux, les vaches résistaient, sans aucune exception, à l'inoculation du charbon le plus dangereux. Sans exception aussi, les animaux non vaccinés, ceux qu'on appelait les *témoins*, périssaient.

Ces découvertes jetèrent une vive émotion dans le monde médical. Mais, de tous côtés, les expériences furent répétées avec un succès si constant que les contradicteurs furent réduits au silence. M. Pasteur et ses habiles collaborateurs, MM. Chamberland et Roux, trouvèrent moyen de donner à leur invention une application industrielle. Dans les pays où sévissait le charbon des tubes à vaccin furent expédiés. Louis Thuillier, ce jeune savant si regretté de ses amis, qui devait aller mourir du choléra en Égypte, fut envoyé alors à Berlin; ses expériences, faites à la ferme de Packish, imposèrent silence aux plus ardens contradicteurs de son illustre maître, même à ce docteur Koch, devenu célèbre en France depuis le choléra de Toulon, et qui avait dit : « L'atténuation des virus? Ce n'est pas possible, car ce serait trop beau. » Aujourd'hui les vaccinations se comptent par centaines de mille, et le nombre des échecs survenus au début, dus à l'imparfaite connaissance et à de maladroites applications de la méthode, ne dépasse pas quelques dizaines.

La virulence s'atténue; peut-elle s'augmenter? Cette étrange propriété, cette force dont on constate les effets sans en connaître les causes, impénétrables à la chimie et à la médecine, cette sorte de réaction de la vie sur la vie, peut-on en provoquer le retour? Oui, a répondu M. Pasteur, mais ce n'est plus par la méthode des cultures dans des liquides appropriés, c'est par la culture dans l'organisme vivant. Les bactéridies atténuées, inoculées à un cobaye, puis à un autre, après la mort du premier, enfin essayées sur un mouton, ont repris leur virulence. Le caractère est variable, et la science est devenue maîtresse de l'effacer ou de le raviver.

De là M. Pasteur a tiré une explication très vraisemblable de l'apparition des épidémies. Voici quelques lignes écrites récemment

par lui : on y retrouvera ces vues larges et générales qui figurent dans ses travaux et caractérisent ce puissant esprit :

« Les récits que j'ai lus de l'apparition spontanée de la peste de Benghazi, en 1856 et en 1858, tendent à prouver que cette apparition n'a pu être rattachée à aucune contagion d'origine. Supposons, guidés comme nous le sommes par tous les faits que nous connaissons aujourd'hui, que la peste, maladie virulente propre à certains pays, ait des germes de longue durée. Dans tous ces pays, son virus atténué doit exister, prêt à reprendre sa forme active quand des conditions de climat, de famine, de misère s'y montrent de nouveau. La condition d'une durée dans la vitalité des germes du mal n'est même pas indispensable ; car, si j'en crois les médecins qui ont parcouru ces contrées, dans tous les pays à peste et dans les intervalles des grandes épidémies, on rencontre des sujets atteints de bubons non mortels, semblables aux bubons de la peste mortelle. N'est-il point probable que ces bubons renferment un virus atténué de la peste et que le passage de ce virus dans des corps épuisés, comme il en existe tant aux époques de famine, peut rendre à ce virus atténué une virulence plus grande ?

« Il est d'autres maladies virulentes qui apparaissent brusquement, comme le typhus des armées ou des camps. Sans doute, les germes des microbes auteurs de ces maladies sont partout répandus, mais atténués, et, à cet état, l'homme les porterait sur lui ou dans son canal intestinal sans grand dommage, et ils ne seraient prêts à devenir dangereux que quand, par des conditions d'encombrement et peut-être de développement successifs à la surface des plaies, dans des corps affaiblis par la maladie, leur virulence se trouverait progressivement renforcée. »

Ainsi les cultures dans l'organisme peuvent augmenter la virulence. Elles peuvent aussi la diminuer, suivant les conditions de l'expérience. Nous arrivons ici aux plus récens travaux de M. Pasteur, travaux auxquels l'humanité devra bientôt, il est permis de l'espérer, la disparition de la plus effrayante des maladies contagieuses, la rage. Aucune culture du virus rabique, en dehors de l'organisme, n'a jusqu'à présent réussi. Le microbe qui cause ce mal horrible ne paraît se développer que dans la matière nerveuse, et ses ravages ne se déclarent que lorsque le mal est établi dans le cerveau.

M. Pasteur s'assura de ce premier point en inoculant par trépanation dans le cerveau d'un chien le bulbe d'un autre chien mort de la rage : l'animal fut pris en moins de huit jours. C'était là expliquer comment la période d'inoculation dure quelquefois si longtemps : le virus est attaché à l'organisme, mais n'a pas atteint

le point sensible. C'était expliquer aussi comment, dans tant de circonstances (la statistique conclut à 50 pour 100 pour les chiens, 80 pour 100 pour les hommes), la rage inoculée par une morsure ne se déclare pas. C'était enfin rendre possible des recherches qui n'auraient pu avoir lieu si l'opérateur n'avait point eu la certitude d'inoculer le virus rabique, suivant la nécessité de ses expériences, et de voir la maladie se déclarer aussitôt.

Les résultats actuellement acquis sont les suivans : la culture dans l'organisme du singe diminue la virulence; la culture dans l'organisme du lapin l'augmente. Après de nombreux essais, un système de vaccination pour les chiens a pu être adopté. Un singe est inoculé par trépanation; il meurt au bout de huit à dix jours. De petits fragmens de bulbe sont introduits dans le cerveau d'un lapin. Le bulbe de celui-ci sert à vacciner des chiens par inoculation sous la peau. M. Pasteur possède actuellement un certain nombre de chiens qui sont absolument réfractaires à la rage, et qui ont résisté même à l'inoculation dans le cerveau.

Les résultats pratiques des travaux de M. Pasteur sont déjà inappréciables, et, comme les plus grands esprits scientifiques, il a ouvert une voie nouvelle; les lois qu'il a découvertes occuperont après lui plusieurs générations de savans.

Le premier il a bien compris le rôle des êtres vivans infiniment petits dans la nature, et l'immense activité de ces êtres, si dédaigneusement comparée par Liebig à celle de quelques petits moulins tournant sur le Rhin. Si la matière organique de tous les cadavres tombés sur la surface de la terre se désagrège et se répand dans l'atmosphère à l'état de gaz et de vapeurs, pour aller nourrir de nouvelles générations; s'il s'opère ainsi un mouvement, une circulation de matière, comparables au mouvement et à la circulation des eaux que la chaleur du soleil évapore et qui redescendent des montagnes à la mer, les agens de ces grands phénomènes sont les fermens organisés. Passant de l'action des fermens sur la matière qui a vécu à leur action sur la matière encore vivante, M. Pasteur le premier a justifié ces paroles prophétiques du physicien anglais Robert Boyle : « Celui qui voudra sonder jusqu'au fond la nature des fermens et des fermentations sera sans doute beaucoup plus capable qu'un autre de donner une juste explication des divers phénomènes morbides, aussi bien des fièvres que des autres affections. Ces phénomènes ne seront peut-être jamais bien compris sans une connaissance approfondie de la théorie des fermentations. »

DENYS COCHIN.

LA
RÉFORME DE LA MARINE

TORPILLEURS ET CANONNIÈRES.

I.

Sommes-nous à la veille d'une révolution maritime qui devra transformer et les instrumens de la guerre sur mer et les institutions administratives de la marine? Telle est la question qui a été posée, depuis quelques mois, avec un grand retentissement, non-seulement en France, mais en Europe, où elle soulève partout des discussions passionnées. Pendant les années qui ont suivi les grandes catastrophes de 1870-1871, il semblait que tous les peuples n'eussent qu'une pensée, qu'une préoccupation : la lutte sur terre, la guerre continentale, et c'est à organiser des armées nombreuses et puissantes que chacun d'eux consacrait tout ce qu'il avait de ressources et d'énergie. On songeait peu à la marine; parfois même, comme chez nous en 1872, sous prétexte que son rôle était diminué, son importance affaiblie, on n'hésitait pas à lui imposer de grands sacrifices, afin de développer à ses dépens les forces dont on croyait avoir un besoin immédiat contre un ennemi qui ne pouvait pas, pensait-on, nous attaquer sur mer. C'était agir à la manière de ces Athéniens de Démosthène, qui portaient immédiatement la main sur la blessure dont ils venaient d'être atteints sans prévoir jamais celles qui allaient les atteindre sur une autre partie d'eux-mêmes. Le réveil de la politique coloniale, le goût des entreprises lointaines, dont la reprise si subite en France était pourtant si naturelle et si opportune qu'on a vu peu à peu toutes les nations euro-

3241 155

